

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 26 (1935)  
**Heft:** 24

**Artikel:** Le raccordement des machines à souder à l'arc électrique  
**Autor:** Wedenberg, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058492>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 18.01.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Parmi les avantages des cuisinières Pilum essayées, par rapport aux cuisinières ordinaires à plaques à chauffage direct, on peut mentionner:

- 1° Durée de cuisson plus brève pour l'ébullition des liquides.
- 2° Faible puissance raccordée (1000 W).
- 3° Réserve de chaleur en cas d'arrêt de la fourniture d'énergie.
- 4° Chauffe-eau à accumulation, évitant le montage d'un chauffe-eau spécial.
- 5° Réglage simple et progressif des diverses plaques de cuisson.

6° Réglage de la température du four par régulateur de température.

7° Possibilité d'utiliser le four comme armoire chaude, sans chauffage direct.

Le maniement du couvercle isolant des plaques de cuisson pourrait être rendu plus commode; en outre, la lampe veilleuse qui s'allume quand l'accumulateur de chaleur se chauffe, pourrait être remplacée avantageusement par un indicateur de température qui permettrait de reconnaître l'état de charge des récipients d'accumulation.

(Traduction M. Lacher, Genève.)

## Le raccordement des machines à souder à l'arc électrique.

Par W. Werdenberg, Kilchberg.

621.311.152 : 621.791.735

Les conclusions de cet article sont les suivantes:

1° Les transformateurs de soudure et les groupes convertisseurs ne peuvent pas être branchés à volonté sur les réseaux d'éclairage ou les réseaux mixtes (éclairage-force). A ce point de vue, les groupes convertisseurs sont plus favorables; leur éloignement par rapport à la sous-station de transformateurs peut atteindre le double de la distance admissible pour les transformateurs de soudure.

2° Le surcroît de charge occasionné aux installations de distribution d'énergie des centrales par les transformateurs de soudure monophasés n'est pas considérable; afin de permettre le branchement de nouveaux abonnés, l'énergie devrait également être fournie à ces transformateurs au tarif normal, sans supplément ou du moins avec un petit supplément seulement.

3° On aurait avantage de définir la puissance installée des machines à souder comme étant une partie de la puissance apparente maximum absorbée. Pour les machines à souder modernes, la puissance installée atteint 50 à 60 % environ de la plus forte puissance apparente absorbée, c'est-à-dire quand le courant de soudure est maximum.

Der vorliegende Aufsatz führt zu folgenden Schlussfolgerungen:

1. Lichtbogenschweisstransformatoren und Schweissumformer dürfen nicht uneingeschränkt an Lichtnetze oder Licht-Kraftnetze (sogenannte Einheitsnetze) angeschlossen werden. Die Schweissumformer liegen gegenüber den Schweissstransformatoren günstiger; sie können in ungefähr der doppelt so grossen Entfernung von der Ortstransformatorenstation als die Schweissstransformatoren angeschlossen werden.

2. Die Mehrbelastung der Energieübertragungs-Einrichtungen der Werke durch Einphasen-Schweisstransformatoren ist nur gering; mit Rücksicht auf die Gewinnung von neuen Energieabnehmern sollten daher auch die Schweissstransformatoren zu den normalen Energiepreisen beliefert werden, und es sollten keine oder dann nur kleine Zuschläge verlangt werden.

3. Der Anschlusswert von Schweissmaschinen wird mit Vorteil als Teil der maximal aufgenommenen Scheinleistung definiert. Bei den heute gebräuchlichen Schweissmaschinen beträgt der Anschlusswert ca. 50 bis 60 % der maximalen, d. h. beim grösstmöglichen Schweißstrom aufgenommenen Scheinleistung.

### 1° Introduction.

La soudure à l'arc électrique a fait au cours de ces dernières années des progrès considérables et supplante de plus en plus les assemblages par rivets, même dans les petites entreprises.

Dans la plupart des cas, le branchement d'une machine à souder constitue pour la petite industrie une sensible augmentation de l'énergie que lui fournissent les services de l'électricité. Jusqu'à présent, un ou deux petits moteurs, généralement branchés sur le réseau d'éclairage, étaient les seuls récepteurs de quelque importance. Dans ces régions de petite industrie, il n'existe généralement pas de réseau spécial pour la force motrice, aussi les services de l'électricité doivent-ils examiner, avant d'autoriser le branchement d'une machine à souder, si ce branchement est encore admissible sans dispositions spéciales sur le réseau d'éclairage ou le réseau mixte. Ceci dépend des chutes de tension et des variations de tension maxima admissibles provoquées par les machines à souder.

La majorité des abonnés utilisent un transformateur de soudure, qui charge toujours asymétriquement le réseau et produit des contraintes supérieures à celles d'un branchement triphasé symétrique de même puissance. Il y a donc lieu

d'examiner par quels tarifs on peut éventuellement tenir compte de cette contrainte supplémentaire.

Pour les petits abonnés, le prix facturé pour l'énergie dépend souvent de la puissance installée du récepteur. Il est donc important que la puissance installée soit déterminée selon les mêmes principes pour tous les types de machines à souder. On essayera dans ce qui suit d'établir des règles valables d'une façon générale pour la détermination de la puissance installée.

### 2° Chutes de tension et variations de tension maxima admissibles.

La machine à souder et tous les autres appareils branchés sur la même ligne ne doivent pas provoquer une chute de tension plus grande que celle admissible pour les autres appareils récepteurs. Dans un réseau de distribution général à basse tension, les lampes sont dans la règle les récepteurs les plus sensibles. La figure 1 montre la relation qui existe entre la tension et l'intensité lumineuse des lampes à filament métallique utilisées de nos jours. Ce diagramme a été relevé sur des lampes à filament spiralé simple et à filament spiralé double de 40 à 150 W, resp. de 40 à 150 Dlm. Il n'a pu être constaté d'écarts dans les variations

d'intensité lumineuse entre des lampes de différents types. Ce diagramme est donc valable pour tous les types de lampes entrant en ligne de compte dans l'examen en question. Selon la figure 1, une chute de tension de 5% correspond déjà à une diminution d'intensité lumineuse de 15% environ. Dans les installations de distribution où la chute de tension des lignes à haute tension est plus ou moins compensée par le choix des rapports de transformation des transformateurs, la chute de

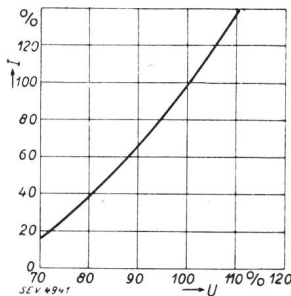


Fig. 1.

Variation de l'intensité lumineuse ( $I$ ) de lampes à filament métallique, en fonction de la tension ( $U$ ).

tension dans le réseau à basse tension ne devrait en aucun cas dépasser 5% environ. Ces chutes de tension peuvent être maintenues sans difficulté entre des limites admissibles par la compensation des machines à souder (montage de condensateurs).

Les rapides variations de la chute de tension provoquées par la soudure ne doivent toutefois pas dépasser une valeur telle qu'elles troublent le fonctionnement des autres objets raccordés, surtout celui des lampes qui sont également très sensibles à ce point de vue. L'influence des variations de tension sur l'éclairage est déterminée dans ce cas par les impressions subjectives des usagers. Pour

variation (variation brusque ou progressive), on a examiné tout d'abord le genre des variations de tension provoquées par les transformateurs et les groupes convertisseurs de soudure. Dans ce but, on a relevé la variation du courant absorbé par les machines à souder lors du passage de la marche à vide à la pleine charge. Les figures 2 à 5 montrent quelques-uns des oscillogrammes relevés.

La figure 2 indique la variation du courant d'un transformateur à tension constante aux bornes du

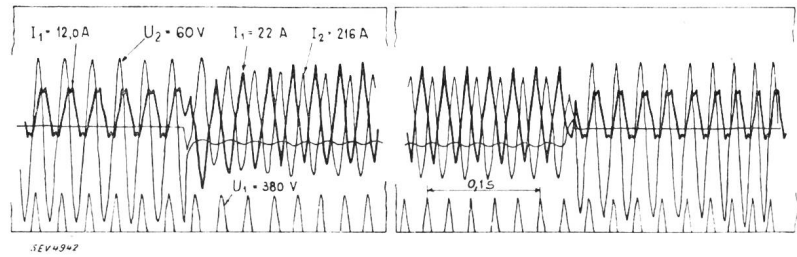


Fig. 2.

Variation du courant d'un transformateur de soudure, la tension aux bornes du primaire étant constante.

primaire, lorsqu'on met ce transformateur en court-circuit. La figure 3 indique la variation du courant absorbé par un groupe de soudure, la tension aux bornes du moteur étant constante, lorsqu'on passe de la marche à vide au régime qui correspond au maximum de courant absorbé par le moteur, et qui se présente généralement au court-circuitage du circuit secondaire. La figure 4 indique la variation du courant pour ce même essai, mais sous une tension qui varie avec la charge. La figure 5 montre la variation du courant d'une machine d'un autre type, la tension aux bornes du moteur étant constante.

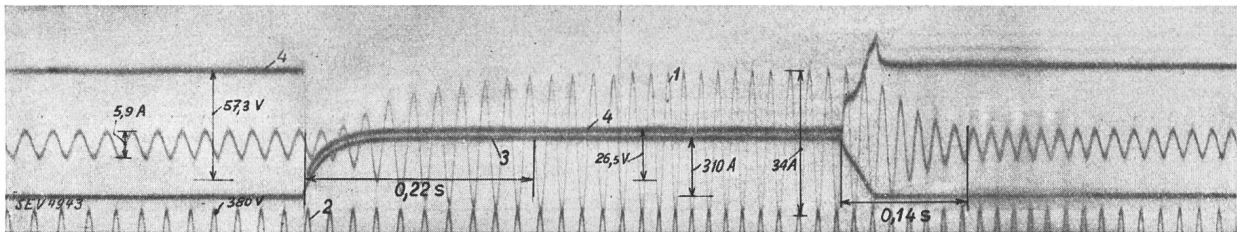


Fig. 3.

Variation du courant d'un groupe convertisseur de soudure, la tension aux bornes du moteur étant constante, lors de la variation de la charge (résistance ohmique) entre la marche à vide et la mise en court-circuit. Groupe convertisseur Brown Boveri, 7 kW: 1 Courant du moteur; 2 Tension du moteur; 3 Courant de la génératrice; 4 Tension de la génératrice.

constater quelles sont les valeurs perturbatrices, les Services électriques du Canton de Zurich ont procédé, en même temps qu'à l'examen des installations de soudure, à des essais de variations d'éclairage de différentes grandeurs et de différents genres avec l'aide d'un grand nombre d'usagers<sup>1</sup>).

Ces essais ayant montré que non seulement la rapidité et la grandeur des variations de la tension ont une importance, mais également le genre de

<sup>1</sup>) Ces essais et leurs résultats sont décrits dans le Bull. ASE, 1935, N° 21, p. 609.

On constate qu'avec les transformateurs de soudure la variation du courant est instantanée, tandis qu'elle est progressive et ne provoque aucune surintensité avec les groupes convertisseurs de soudure. La durée d'équilibrage dépend non seulement des caractéristiques de l'appareil, mais également de celles du réseau fournissant l'énergie; elle est d'autant plus grande que la chute de tension provoquée par la charge est plus importante. En pratique, on doit tabler sur une durée d'équilibrage de 0,2 à 0,5 seconde environ.

Les essais mentionnés au sujet des variations d'intensités lumineuses admissibles ont permis de constater que les brusques variations de tension d'une durée de 0,5 à 1 minute environ et d'une grandeur d'environ 3% de la tension nominale peuvent donner lieu à des réclamations de la part des usagers. Pour le branchement de transformateurs de soudure provoquant des variations de ce genre, la variation de tension admissible ne doit donc pas dépasser 3%. Les autres examens relatifs

La variation de tension ne dépendant que de la variation des courants actifs et réactifs, et non pas de leurs valeurs absolues, les récepteurs en parallèle avec une installation de soudure n'ont aucune influence sur les variations de tension provoquées par la soudure à l'arc électrique. Pour cette même raison, les variations de tension ne peuvent pas être non plus diminuées par le montage de condensateurs servant à améliorer le facteur de puissance de la machine à souder. Il s'ensuit, pour les trans-

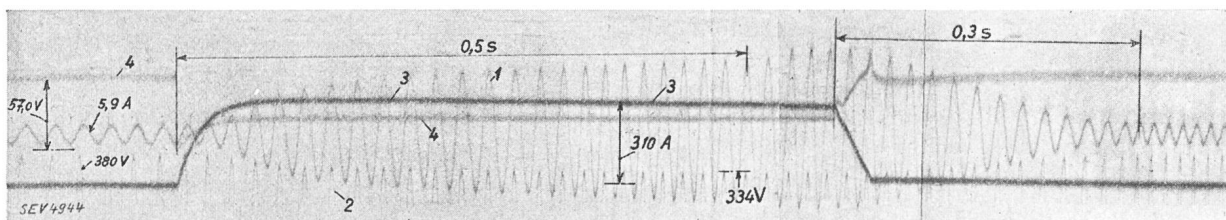


Fig. 4.

Comme pour la figure 3, mais avec une tension du moteur variant avec la charge.

à l'admissibilité des groupes convertisseurs de soudure doivent avoir une portée générale; il faut donc tabler sur une durée d'équilibrage de la chute de tension d'environ 0,2 seconde, valeur la plus défavorable. Selon les essais mentionnés, la variation de tension admissible est alors d'environ 3%, c'est-à-dire comme dans le cas des transformateurs de soudure.

formateurs, que seule la variation du courant secondaire de soudure entre en ligne de compte pour la variation de tension, car les courants de magnétisation et de fuite sont à peu près constants à toutes les charges.

a) Transformateurs de soudure.

L'éclairage étant branché sur la tension de phase, la variation de tension entre phase et neutre ne doit pas dépasser 3%, comme on vient de le voir. En outre, il y a lieu de remarquer que les transformateurs de soudure sont généralement branchés sur la tension composée. Les caractéristiques de la tension sont relevées sur la figure 6, en tenant compte de ce qui précède et des suppositions suivantes:

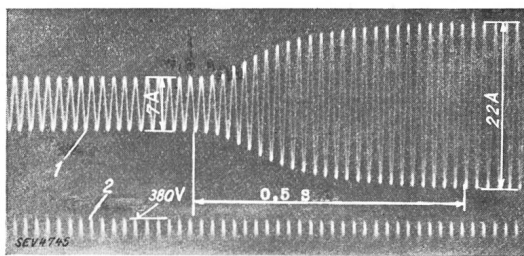


Fig. 5.

Comme pour la figure 3, mais pour un groupe d'une autre fabrication. De marche à vide à pleine charge (courant continu 240 A).

- 1<sup>o</sup> Le transformateur de soudure est branché entre les phases R et S.
- 2<sup>o</sup> Le décalage entre le courant et la tension composée est tel que  $\cos \varphi \sim 0,5$ , ce qui correspond approximativement au cas pratique.

3<sup>o</sup> Distances admissibles entre les installations de soudure et les sous-stations de transformateurs.

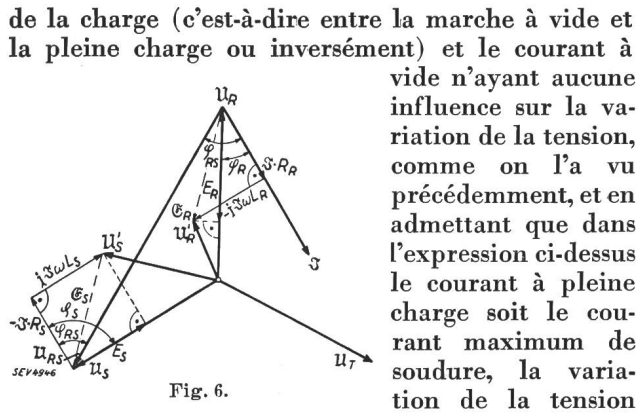
La variation de tension provoquée par les installations de soudure dépend en première ligne de l'impédance entre le récepteur et la source d'énergie. Dans le cas considéré, où il ne s'agit que de faibles variations de tension, on peut admettre comme source d'énergie le primaire du transformateur dans la sous-station locale de transformateurs. L'impédance totale entrant en ligne de compte se compose donc de celle du transformateur local et de celle de la ligne, qui est proportionnelle à la longueur de la ligne. Pour une variation de tension maximum admissible donnée, on peut ainsi calculer la longueur maximum admissible de la ligne pour différentes puissances du transformateur local et différentes sections des fils de la ligne.

La figure 6 montre que les chutes de tension et, par suite les variations de tension, n'ont pas la même grandeur dans les deux phases du branchement en monophasé. Pour déterminer la longueur maximum admissible de la ligne, il faut en effet se baser sur le cas le plus défavorable. La chute de tension et par conséquent la variation de tension sont plus grandes dans la phase R en avance, que dans la phase S.

La chute de tension  $E_R$  pour une charge quelconque est donnée d'une façon générale par l'expression

$$E_R = I \cdot R \cos \varphi_R + I \omega L \sin \varphi_R$$

La variation de tension  $\Delta E_R$ , qui se présente lors du passage d'un régime à un autre, est égale à la différence entre les chutes de tension provoquées par les deux régimes. Les variations maxima de la tension se produisant lors des variations maxima



de la charge (c'est-à-dire entre la marche à vide et la pleine charge ou inversement) et le courant à vide n'ayant aucune influence sur la variation de la tension, comme on l'a vu précédemment, et en admettant que dans l'expression ci-dessus le courant à pleine charge soit le courant maximum de soudure, la variation de la tension

du transformateur de soudure est alors égale à la chute de tension, c'est-à-dire que

$$\Delta E_R = I (R \cos \varphi_R + \omega L \sin \varphi_R),$$

où  $I$  est le courant maximum de soudure. Introduisant les désignations suivantes:

- $P_T$  Puissance du transformateur local, en VA,
- $P_S$  Puissance maximum de soudure du transformateur de soudure, en VA,
- $U$  Tension de phase du réseau d'alimentation en V,
- $c$  Rapport entre les pertes dans le cuivre à pleine charge du transformateur local et la puissance du transformateur,
- $k$  Rapport entre la chute de tension inductive du transformateur local et la tension nominale,
- $\varepsilon$  Variation admissible de la tension en pour-cent die la tension nominale  $U$ ,
- $\varrho$  Résistance ohmique par phase du transformateur local,
- $\eta$  Résistance inductive par phase du transformateur local,
- $r$  Résistance ohmique par phase et par mètre de la ligne d'amenée,
- $y$  Résistance inductive par phase et par mètre de la ligne d'amenée,
- $l$  Longueur de la ligne (distance de la sous-station) en mètres, on a

1°  $\Delta E_R = \Sigma \cdot U$

2°  $I = \frac{P_S}{\sqrt{3} \cdot U}$

3°  $R = l \cdot r + \varrho$

ou, en exprimant  $\varrho$  par les pertes dans le transformateur local:

$$R = l \cdot r + c \frac{3 U^2}{P_T}$$

4°  $\omega L = l \cdot y + \eta$

ou, en exprimant  $\eta$  par la chute de tension inductive du transformateur local:

$$\omega L = l \cdot y + k \frac{3 U^2}{P_T}$$

En insérant ces quatre expression dans l'équation de  $\Delta E_R$ , on a:

$$\Delta E_S = \frac{P}{3 U} \left\{ \left( l \cdot r + c \frac{3 U^2}{P_T} \right) \cos \varphi_S + \left( l \cdot y + k \frac{3 U^2}{P_T} \right) \sin \varphi_S \right\}$$

En tenant compte que  $\varphi_R = \varphi_{RS} - 30^\circ$ , et en ordonnant l'équation selon  $l$ , on obtient:

$$l = U^2 \cdot \frac{2 \sqrt{3} \frac{\varepsilon}{P_S} - \frac{3}{P_T} \left\{ c (\sqrt{3} \cos \varphi_{RS} + \sin \varphi_{RS}) + k (\sqrt{3} \sin \varphi_{RS} - \cos \varphi_{RS}) \right\}}{r (\sqrt{3} \cos \varphi_{RS} + \sin \varphi_{RS}) + y (\sqrt{3} \sin \varphi_{RS} - \cos \varphi_{RS})}$$

Pour les grandeurs  $\varphi_{RS}$ ,  $y$ ,  $c$  et  $k$ , on introduit les grandeurs qui se présentent dans la pratique. Le facteur de puissance au secondaire des transformateurs de soudure est environ 0,5; on a donc  $\cos \varphi_{RS} = 0,5$ . La résistance inductive est à peu près la même pour toutes les lignes à basse tension en question et atteint la valeur de 0,3 ohm/km environ; on a donc  $y = 0,3 \cdot 10^{-3} \Omega/m$ . Les pertes dans le cuivre à pleine charge d'un transformateur sont en moyenne de 2,5 % environ; on a donc  $c = 0,025$ . La tension de court-circuit des transformateurs est généralement de 4,5 % environ; on a donc  $k \sim 0,045$ . Dans ces conditions, l'équation exprimant la longueur admissible de la ligne en mètres est donc:

$$l = \frac{U^2}{r + 0,173} \left( \frac{2 \varepsilon}{P_S} - \frac{0,15}{P_T} \right),$$

si  $r$  est exprimé en  $\Omega/km$  et  $P_S$  et  $P_T$  le sont en KVA. Le tableau I indique les distances maxima admissibles en mètres entre la sous-station de transformateurs et l'installation de soudure, pour une variation de tension admissible de 3 % et pour différentes tensions nominales, sections de conducteurs, puissances de transformateurs locaux et puissances de soudure courantes. Ainsi, un transformateur de soudure d'une puissance secondaire de 10 kVA ne peut être branché sur un réseau de 380/220 V avec fils de 8 mm et puissance du transformateur de 80 kVA, qu'à une distance de 375 mètres au maximum de la sous-station de transformateurs. Ce tableau montre en outre qu'une augmentation de la puissance des transformateurs de la sous-station supérieure à 100 kVA n'apporte pratiquement aucune amélioration dans les conditions de la tension et qu'ainsi l'on ne peut pas admettre à volonté le branchement de transformateurs de soudure sur un réseau à tension normale de 380/220 V.

Lorsqu'il est nécessaire de brancher des transformateurs de soudure à des distances plus grandes que celles mentionnées ci-dessus, on est obligé de bloquer la fourniture de l'énergie pendant les principales heures d'éclairage, afin de tenir compte des

Distance maximum admissible en mètres entre le transformateur de soudure et la sous-station de transformateurs, lorsque la variation de tension maximum admissible est de 3 %.

Tableau I.

Fil Ø mm	Puissance maximum de soudure kVA	250/145 volts						380/220 volts					
		Puissance nominale du transformateur local, en kVA											
		20	40	60	80	101	120	20	40	60	80	100	120
8	2	900	1055	1100	1125	1150	1160	2080	2430	2540	2590	2640	2670
	4	300	450	500	520	540	560	695	1040	1150	1200	1250	1280
	6	100	250	300	325	350	360	240	590	695	750	800	820
	8	0	150	195	220	245	255	0	350	455	510	560	590
	10		95	140	160	185	195		215	320	375	450	455
	12		45	95	115	140	150		105	210	265	320	345
	14		25	70	95	115	130		50	160	215	265	295
	16		5	50	75	100	110		10	120	175	210	230
	18			30	55	70	80			75	130	165	185
	20			20	45	60	70			45	100	140	155
5,5	2	520	610	635	650	665	670	1200	1400	1460	1500	1550	1560
	4	170	260	290	300	315	320	400	600	660	690	725	740
	6	60	145	175	190	200	210	140	340	400	430	460	480
	8	0	85	115	125	140	150	0	200	260	290	325	340
	10		55	80	95	105	115		125	185	215	245	260
	12		25	55	65	80	85		60	125	155	185	200
	14		15	40	55	65	75		30	90	125	155	170
	16		0	30	45	55	60		5	70	105	125	135
	18			20	30	40	45			45	75	100	110
	20			10	25	35	40			25	60	80	95
4	2	300	350	365	375	380	385	695	810	845	860	880	890
	4	100	150	170	175	180	185	230	345	380	400	425	425
	6	35	85	100	110	115	120	80	195	230	250	265	275
	8	0	50	65	75	80	85	0	115	150	170	185	195
	10		30	45	55	60	65		70	105	125	140	150
	12		15	30	40	45	50		35	70	90	105	115
	14		10	25	30	40	40		20	55	70	90	100
	16		0	20	25	30	35		5	40	60	70	75
	18			10	20	25	25			25	45	55	60
	20			10	15	20	25			15	35	45	50

abonnés à l'éclairage, ou bien de limiter la puissance de soudure. Ce dernier moyen n'étant pas toujours d'une exécution facile, on devra généralement avoir recours à l'installation d'un interrupteur de blocage. Toutefois, même dans ce cas, la variation de tension admissible n'est pas illimitée. Afin de tenir compte des autres abonnés, elle ne devrait pas dépasser 5 à 10 %.

Le tableau II indique les distances maxima qui sont possibles pour une variation de tension maximum admissible de 6 %.

#### b) Groupes convertisseurs de soudure.

Les groupes convertisseurs de soudure triphasés chargent symétriquement toutes les trois phases; les variations de tension sont donc identiques pour les trois phases, de sorte que les considérations suivantes peuvent se borner à une seule phase.

Si l'on désigne par

- $U$  la tension de phase du réseau d'alimentation, en V,
- $I$  le courant absorbé par le groupe convertisseur, en A,
- $I_a$  et  $I_r$ , la composante active, resp. la composante réactive du courant  $I$ ,
- $\varphi$  le déphasage du courant absorbé,

$E$  la chute de tension provoquée par le groupe convertisseur, en V,

$\Delta E$  la variation de tension lors du passage du régime de charge 1 au régime 2, en V,

$\varepsilon$  la variation de tension maximum admissible en % de la tension nominale  $U$ ,

$\rho$  la résistance ohmique par phase du transformateur local,

$\eta$  la résistance inductive par phase du transformateur local,

$c$  le rapport entre les pertes dans le cuivre à pleine charge du transformateur local et la puissance du transformateur,

$k$  le rapport entre la chute de tension inductive du transformateur local et la tension nominale,

$r$  la résistance ohmique par phase et par mètre de l'amenée de courant,

$y$  la résistance inductive par phase et par mètre de l'amenée de courant,

$l$  la longueur de la ligne d'amenée ou la distance entre l'installation de soudure et la sous-station de transformateurs, en mètres,

$P_M$  la puissance absorbée maximum du moteur du groupe convertisseur, en kVA,

$P_T$  la puissance nominale du transformateur local, en VA,

Distance maximum admissible en mètres entre le transformateur de soudure et la sous-station de transformateurs, lorsque la variation de tension maximum admissible est de 6 %.

Tableau II.

Fil Ø mm	Puissance maximum de soudure kVA	250/145 volts						380/220 volts					
		Puissance nominale du transformateur local, en kVA											
		20	40	60	80	100	120	20	40	60	80	100	120
8	2	2110	2260	2310	2340	2350	2360	4860	5210	5320	5380	5420	5430
	4	910	1060	1110	1140	1150	1155	2080	2440	2550	2600	2640	2660
	6	505	655	705	730	745	755	1160	1510	1620	1675	1710	1730
	8	300	455	505	530	545	550	695	1045	1550	1210	1250	1270
	10	180	335	380	405	425	430	415	765	880	935	975	1010
	12	100	255	300	325	340	350	230	580	695	750	785	805
	14	40	195	240	265	280	290	90	445	555	610	650	665
	16	0	155	200	225	240	250	0	350	460	520	555	575
	18		120	170	195	210	215		280	390	445	480	500
20		95	140	165	180	190		215	325	380	415	435	
5,5	2	1225	1315	1340	1355	1365	1370	2860	3055	3120	3160	3180	3200
	4	525	615	640	655	665	670	1230	1435	1500	1535	1560	1570
	6	290	380	410	420	430	435	680	890	955	990	1010	1020
	8	175	265	290	305	315	320	410	615	680	715	735	750
	10	105	195	220	235	245	250	245	455	520	550	570	585
	12	60	145	175	190	200	205	135	345	410	440	460	475
	14	25	110	140	155	165	170	55	260	325	360	380	395
	16	0	90	115	130	140	145	0	210	275	310	330	340
	18		70	100	110	120	125		165	230	260	285	295
20		55	80	95	105	110		125	190	225	245	255	
4	2	700	750	765	775	780	780	1610	1730	1770	1785	1800	1805
	4	300	350	365	375	380	380	690	810	845	860	875	880
	6	165	215	235	240	250	250	385	500	535	555	570	575
	8	100	150	165	175	180	180	230	345	385	400	415	420
	10	60	110	125	135	140	140	140	255	290	310	320	325
	12	35	85	100	110	115	115	80	195	230	250	260	265
	14	15	65	80	90	95	95	30	145	185	205	215	220
	16	0	50	65	75	80	80	0	115	155	170	185	190
	18		40	55	65	70	70		90	130	145	160	165
20		30	45	55	60	60		70	110	125	140	145	

la chute de tension entre phase et neutre s'exprime d'une façon générale par :

$$E = I_a (l \cdot r + \varrho) + I_r (l \cdot y + \eta)$$

et la variation de tension provoquée par le passage du régime de charge 1 au régime 2 :

$$\Delta E =$$

$$E_1 - E_2 = (I_{a1} - I_{a2}) (l \cdot r + \varrho) + (I_{r1} - I_{r2}) (l \cdot y + \eta)$$

Si les courants dans les deux régimes de charge sont exprimés en parties du courant maximum  $I$  du moteur du groupe convertisseur, soient  $I_1 = \alpha I$  et  $I_2 = \beta I$ , l'expression devient :

$$\Delta E = I [(\alpha \cos \varphi_1 - \beta \cos \varphi_2) (l \cdot r + \varrho) + (\alpha \sin \varphi_1 - \beta \sin \varphi_2) (l \cdot y + \eta)]$$

En exprimant alors le courant  $I$  par la puissance maximum  $P_M$ , la résistance ohmique  $\varrho$  par les pertes dans le cuivre  $c$ , et la résistance inductive  $\eta$  par la tension de court-circuit  $k$  :

$$I = \frac{P_M}{3U}; \varrho = c \frac{3U^2}{P_T}; \eta = k \frac{3U^2}{P_T},$$

on a, en ordonnant selon  $l$  l'expression  $\Delta E$  :

$$l = 3U^2 \cdot \frac{\frac{\varepsilon}{P_M} - (\alpha \cos \varphi_1 - \beta \cos \varphi_2) \frac{c}{P_T} - (\alpha \sin \varphi_1 - \beta \sin \varphi_2) \frac{k}{P_T}}{(\alpha \cos \varphi_1 - \beta \cos \varphi_2) r + (\alpha \sin \varphi_1 - \beta \sin \varphi_2) y}$$

Cette expression peut être simplifiée pour les besoins pratiques, en tenant compte des considérations suivantes :

1° Pour toutes les lignes à basse tension en question, la résistance inductive  $y$  est à peu près la même, soit 0,3 ohm/km environ;

2° Les pertes dans le cuivre  $c$  à pleine charge du transformateur atteignent environ 2,5 %;

3° La tension de court-circuit atteint environ 4,5 %, donc  $k \sim 4,5 \%$ ;

4° La variation de tension la plus forte à considérer se présente lors du passage de la marche à vide à la puissance maximum de soudure, qui s'établit généralement lorsque le courant de soudure atteint sa valeur maximum. La variation de tension qui se produit au démarrage du groupe convertisseur n'entre pas en ligne de compte dans ce cas, car le démarrage n'a lieu qu'une seule fois pour une longue durée, tandis que la puissance de soudure varie constamment et fortement à brefs

Distance maximum admissible en mètres entre le convertisseur de soudure et la sous-station de transformateurs, lorsque la variation de tension maximum admissible est de 3 %.

Tableau III.

Fil Ø mm	Puissance absorbée maximum kVA	250/145 volts						380/220 volts					
		Puissance nominale du transformateur local, en kVA											
		20	40	60	80	100	120	20	40	60	80	100	120
8	2	1990	2170	2240	2260	2280	2300	4100	5000	5150	5200	5250	5300
	4	820	990	1050	1085	1110	1120	1890	2290	2430	2500	2540	2570
	6	425	600	660	690	710	725	980	1380	1520	1600	1630	1670
	8	220	395	455	490	505	520	510	910	1050	1120	1160	1200
	10	110	285	345	375	395	410	250	650	800	870	910	945
	12	30	205	270	300	315	330	75	470	620	690	725	760
	14		140	205	235	250	265		325	470	545	580	620
	16		110	175	205	220	235		255	400	470	510	545
	18		80	140	175	190	205		180	325	400	435	470
	20		45	110	140	155	175		110	255	325	360	400
5,5	2	1130	1235	1270	1290	1310	1315	2620	2840	2920	2965	2980	3000
	4	455	565	600	620	625	635	1070	1300	1380	1420	1440	1460
	6	240	340	375	395	405	410	555	785	865	905	930	950
	8	125	225	260	275	285	295	290	515	600	640	660	680
	10	65	160	195	215	225	235	145	370	455	495	515	535
	12	15	115	150	170	180	190	40	270	350	390	410	430
	14		80	115	135	145	150		185	270	310	330	350
	16		65	100	115	125	135		145	225	270	290	310
	18		45	80	100	105	115		105	185	225	245	270
	20		25	65	80	90	100		60	145	185	205	225
4	2	645	700	720	730	740	745	1485	1615	1660	1685	1695	1710
	4	265	320	340	350	355	360	610	735	785	805	820	830
	6	135	195	215	225	230	235	315	445	490	515	525	440
	8	70	125	145	155	165	170	165	290	340	360	375	385
	10	35	90	110	120	125	130	80	210	255	280	290	305
	12	10	65	85	95	100	105	25	150	200	220	235	245
	14		45	65	75	80	85		105	150	175	185	200
	16		35	55	65	70	75		80	130	150	165	175
	18		25	45	55	60	65		60	105	130	140	150
	20		15	35	45	50	55		35	80	105	115	130

intervalles. Or, comme on l'a vu au chapitre 2, ce sont surtout les variations rapides qui se font désagréablement sentir. En général, le courant à vide atteint le 15 % environ du courant maximum absorbé. Ce chiffre dépend toutefois du type de machine, de sorte que les valeurs des distances admissibles déterminées ci-après ne sont pas valables pour tous les cas; mais, du fait que les différences entre les types de machines ne sont pas très considérables, ces valeurs donnent une idée assez juste sur l'admissibilité du branchement des groupes convertisseurs de soudure.

Dans les calculs suivants, on table donc sur  $\alpha = 0,15$  et  $\beta = 1$ . Pour les groupes convertisseurs modernes, le facteur de puissance à vide  $\cos \varphi_1 = 0,3$  et à pleine charge  $\cos \varphi_2 = 0,85$  environ. La puissance maximum n'est pas identique à la puissance nominale; on verra au chapitre 5 qu'il n'existe même pas de relation bien déterminée entre la puissance nominale et la puissance maximum. La longueur maximum de la ligne ne peut donc pas être relevée en fonction de la puissance nominale du groupe convertisseur.

La distance maximum admissible est ainsi approximativement:

$$l = \frac{3 U^2}{0,8 r + 0,12} \left( \frac{\varepsilon}{P_M} - \frac{0,046}{P_T} \right),$$

lorsque  $r$  est exprimé en  $\Omega/\text{km}$  et que  $P_M$  et  $P_T$  le sont en kVA.

Le tableau II indique les distances maxima admissibles pour une variation de tension admissible de 3 %. Ainsi, un groupe convertisseur absorbant une puissance maximum de 12 kVA branché sur un réseau à 380/220 volts avec fils de 8 mm et puissance de transformateur de 40 kVA, peut encore être branché à une distance de 470 mètres de la sous-station de transformateurs.

Dans ce cas également, une augmentation de la puissance du transformateur local de plus de 100 kVA ne permet pas d'améliorer sensiblement les conditions de la tension.

Lorsqu'il est nécessaire de brancher des groupes convertisseurs de soudure sur un réseau d'éclairage ou sur un réseau mixte à des distances plus grandes que celles indiquées au tableau II, on peut rendre possible le branchement par l'un des deux moyens suivants. On peut bloquer la fourniture du courant pendant les heures d'éclairage, comme dans le cas des transformateurs de soudure, ou bien prévoir un groupe convertisseur construit de telle



sorte que l'équilibrage de sa variation de tension soit meilleur, ce qui permet d'admettre alors des variations de tension un peu plus grandes, ainsi qu'il ressort des essais déjà mentionnés.

Si l'on compare les distances admissibles avec celles qui sont valables pour les transformateurs de soudure, on remarque que le raccordement des groupes convertisseurs est possible dans une plus grande étendue. Les distances maxima admissibles pour les groupes convertisseurs sont environ le double de celles admissibles pour les transformateurs de soudure.

Ces distances ne sont toutefois pas utilisables sans autre en pratique, car elles ont été déterminées en se basant sur différentes caractéristiques dépendant du type de machine. Avant de refuser un branchement, il sera donc nécessaire de vérifier tout d'abord les caractéristiques des machines proposées.

#### 4° Influence des charges monophasées sur les réseaux triphasés.

Les branchements en monophasé de transformateurs de soudure provoquent dans le réseau triphasé une charge asymétrique; la capacité de charge maximum des transformateurs locaux et des lignes de distribution en est alors réduite, c'est-à-dire que, pour un même échauffement du transformateur et une même chute de tension, la charge symétrique en kVA peut être plus forte que la charge asymétrique. On prétend assez souvent que ce désavantage peut être supprimé par l'emploi d'un diviseur de tension, aussi semble-t-il nécessaire de rappeler ici brièvement que le diviseur de tension ne permet pas de gagner quoi que ce soit sur la capacité de charge, la chute de tension ou les pertes. L'inutilité d'un branchement en triphasé d'un transformateur monophasé a été prouvée très simplement par K. Widmann dans E. u. M. 1933, n° 28. En outre, H. Hafner a étudié en détail le branchement par diviseur de tension dans le Bull. ASE 1933, n° 1, et a montré également que l'influence de la charge asymétrique sur les récepteurs en parallèle est très peu considérable; on ne tiendra donc pas compte ici de ces dernières influences.

Il s'agit d'examiner quelle est la puissance triphasée en kVA qui correspond à la puissance en monophasé, pour que les transformateurs et les lignes soient soumis aux mêmes contraintes dans les deux cas de charge. Cet examen ne portant pas sur une charge asymétrique d'ordre général, mais bien sur une charge composée d'une charge triphasée symétrique et d'une charge en monophasé, il suffit d'examiner le cas où deux courants du réseau triphasé ont toujours la même valeur. Pour simplifier la solution de ce problème, on admettra en outre que les facteurs de puissance de la charge triphasée et de la charge en monophasé ont la même valeur. Ce faisant, le résultant ne sera pas faussé en faveur de la charge asymétrique, car cette supposition se base sur le plus fort courant

possible et sur les plus grandes pertes possibles dans l'installation de distribution.

#### a) Capacité de charge en tenant compte des pertes.

Il s'agit de déterminer quelle est la puissance triphasée qui correspond à la charge en monophasé, pour que les pertes soient les mêmes en cas de charge symétrique qu'en cas de charge asymétrique. Les pertes déterminent avant tout la capacité de charge des transformateurs, car celle-ci est limitée par l'échauffement maximum admissible. Pour déterminer le rapport entre la puissance triphasée et la puissance en monophasé, la sollicitation du transformateur étant la même dans les deux cas, on supposera que le transformateur peut être également chargé jusqu'à atteindre les pertes totales maxima admissibles, en cas de charge asymétrique. Quoique cela ne soit pas possible en réalité, le résultat calculé en partant de cette supposition fournit quand même une indication approximativement correcte sur l'influence des charges en monophasé.

Dans ces calculs, on indiquera par

$P$  la charge symétrique en kVA,

$P_{\Delta}$  la part triphasée de la charge asymétrique, en kVA,

$P_{\sim}$  la part monophasée de la charge asymétrique, en kVA,

$I$  les courants,

$\rho$  la résistance ohmique par phase du dispositif de distribution,

$P_v$  les pertes totales de l'installation de distribution,

$$x = \frac{P_{\sim}}{P_{\Delta}}$$

$$y = \frac{P - P_{\Delta}}{P_{\sim}} \quad \text{le surcroît de charge dû au bran-}$$

chement en monophasé, par rapport à un bran-  
chement purement triphasé.

En cas de charge symétrique, les pertes totales dépendant du genre de la charge sont

$$P_v = 3 I^2 \cdot \rho,$$

et, en cas de charge asymétrique,

$$P_v = 2 (I_{\Delta} + I_{\sim})^2 \cdot \rho + I_{\Delta}^2 \cdot \rho$$

Les pertes pour les deux genres de charges devant avoir la même valeur, on a

$$3 I^2 = 2 (I_{\Delta} + I_{\sim})^2 + I_{\Delta}^2.$$

En remplaçant les courants par les puissances, cette expression devient

$$P^2 = 2 \left( \frac{P_{\Delta}}{\sqrt{3}} + P_{\sim} \right)^2 + \frac{P_{\Delta}^2}{3}$$

Enfin, en introduisant  $x$  et  $y$ , on a

$$y = \frac{\sqrt{2 \left( \frac{1}{\sqrt{3}} + x \right)^2 + \frac{1}{3}} - 1}{x}$$

La figure 7 montre le rapport entre  $x$  et  $y$ . On

constate qu'au point de vue des pertes et de la capacité de charge du transformateur, le branchement en monophasé équivaut pratiquement à un branchement triphasé d'une valeur égale à environ 1,25 fois celle du branchement en monophasé.

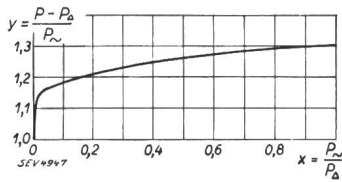


Fig. 7.

### b) Capacité de charge en tenant compte de la chute de tension.

Il s'agit de déterminer quelle est la puissance triphasée qui correspond à la puissance monophasée, pour que la chute de tension ait la même valeur en cas de charge symétrique et de charge asymétrique.

La chute de tension détermine avant tout la capacité de charge des lignes.

En complétant les désignations introduites au chapitre a) par les suivantes :

$E$  = Chute de tension,

$Z$  = Impédance de l'installation de distribution, la valeur absolue de la chute de tension sous charge symétrique est

$$E = I \cdot Z.$$

Pour la charge asymétrique, la valeur absolue de la chute de tension est la suivante, en admettant comme précédemment que le facteur de puissance de la part triphasée et celui de la part monophasée sont les mêmes :

$$E = I_d \cdot Z + I_{\sim} \cdot Z$$

Les deux chutes de tension devant être identiques, on a

$$I \cdot Z = I_d \cdot Z + I_{\sim} \cdot Z$$

En remplaçant les courants par les puissances, il vient

$$P = P_d + \sqrt{3} \cdot P_{\sim}.$$

Enfin, en introduisant  $x$  et  $y$ , on a

$$y = \sqrt{3},$$

c'est-à-dire qu'au point de vue de la chute de tension, le branchement en monophasé équivaut à un branchement triphasé d'une valeur égale à 1,7 fois celle du branchement en monophasé.

### c) Mesures de tarification.

Une machine branchée en monophasé sollicite donc les installations de distribution de l'énergie comme le ferait une charge triphasée 1,25 fois resp. 1,7 fois supérieure à la puissance monophasée.

Si l'abonné doit indemniser le fournisseur d'énergie à cause de ce surcroît de sollicitation occasionné par le branchement en monophasé, il faut augmenter en conséquence la part du prix de l'énergie qui dépend des frais fixes des installations de production et de distribution. Il faut toutefois tenir compte du fait que ce surcroît de

sollicitation diminue à mesure que l'on se rapproche de la source d'énergie, car le rapport entre la charge en monophasé et la charge triphasée diminue également. En pratique, ce surcroît de sollicitation dû à la charge en monophasé est presque sans importance pour le côté haute tension du réseau. L'augmentation de la part des frais fixes déterminant le prix de l'énergie n'est donc déterminée que par la part des frais fixes afférente aux sous-stations de transformateurs locaux et aux réseaux locaux; la part des sous-stations doit alors être augmentée de 1,25 fois et celle des réseaux locaux de 1,7 fois. Dans de nombreux cas, la part des frais fixes des installations de distribution doit être payée par l'abonné sous forme de taxe fixe, de sorte que le surcroît de sollicitation peut être compensé par un supplément à cette taxe de base. En supposant que la part de la taxe de base des sous-stations de transformateurs et des réseaux de distribution soit pour les unes et les autres de  $\frac{1}{4}$  de la taxe de base, il y aurait lieu d'augmenter la taxe de base de

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \cdot 1,25 + \frac{1}{4} \cdot 1,7 = 1,24 \text{ fois,}$$

en cas de branchement d'une machine à souder monophasée.

Ces chiffres sont toutefois un peu trop faibles, car l'examen de l'influence des charges en monophasé portait de la supposition qu'un transformateur peut être également chargé asymétriquement jusqu'à atteindre ses pertes à pleine charge. Dans le cas le plus défavorable, lorsque le transformateur ne peut être chargé asymétriquement que jusqu'à ce que le courant de pleine charge soit atteint sur l'une des phases, on peut raccorder une puissance triphasée égale à  $\sqrt{3}$  fois la puissance monophasée. En partant de cette supposition, la taxe de base pour charge en monophasé est de  $0,5 + 0,5 \cdot 1,7 = 1,35$  fois la taxe de base pour la charge triphasée. Si l'on admet en outre que tous les frais fixes participent au surcroît de sollicitation, le supplément à la taxe de base doit alors être de 1,7 fois cette taxe.

Le branchement en monophasé occasionne en outre 1,25 fois environ plus de pertes qu'un branchement triphasé de même puissance. Si l'installation de l'abonné est raccordée en monophasé et si celui-ci doit rembourser les frais dus à ces pertes de 25 % supérieures, on en tiendra compte dans l'établissement des tarifs. En pratique, on ne doit compter que sur une augmentation des pertes dans le cuivre des transformateurs locaux, car la charge en monophasé n'augmente pas toute la part des pertes dépendant du courant, depuis la source d'énergie jusqu'au consommateur, de 25 % (voir figure 7) et qu'en outre les pertes dans les lignes sont faibles. En admettant que les pertes dans le cuivre des transformateurs locaux atteignent le 4 % de la charge, les prix de consommation devront être augmentés de  $0,25 \cdot 0,04 = 1$  %. Cette faible augmentation du prix du courant consommé

peut être négligée, car les transformateurs de soudure ne travaillent généralement que pendant une courte durée.

En résumé, si le surcroît de sollicitation du réseau triphasé occasionné par les transformateurs de soudure doit être considéré dans le prix de l'énergie, la taxe de base pour la charge triphasée normale doit être augmentée de 24 %, au maximum de 70 %, ce dernier chiffre n'entrant toutefois en vigueur que pour les réseaux fortement chargés, c'est-à-dire presque complètement chargés pendant la soudure.

Le surcroît de sollicitation des installations de distribution des centrales dû à des transformateurs de soudure monophasés n'est pas très important; aussi, en vue de gagner de nouveaux abonnés, ces transformateurs de soudure devraient-ils être également alimentés aux tarifs normaux, sans supplément ou du moins avec un petit supplément seulement.

**5° La puissance installée des machines de soudure.**

La puissance installée en kVA d'une machine à souder, puissance qui influe sur la détermination du prix de l'énergie (par exemple pour l'établissement du prix de base, de la garantie minimum, etc.) est encore actuellement indiquée d'une façon plus ou moins arbitraire par les fabricants de ces machines. Les uns indiquent comme puissance installée la puissance absorbée en régime permanent, les autres la puissance absorbée pendant diverses durées d'enclenchement relatives, mais sans spécifier toutefois cette durée<sup>2)</sup>. Il arrive également que certains fabricants indiquent volontairement sur la plaque signalétique une puissance raccordée plus faible, afin de pouvoir lutter contre leurs concurrents. Le tableau IV montre à quel point

Tableau IV.

Fabrication	Puissances indiquées sur les transformateurs de soudure, en % de la		
	plus grande puissance absorbée possible	plus grande puissance de soudure possible	charge primaire admissible en régime permanent
1	86	56	170
2	62	50	240
3	58	38	220
4	60	33	160

peuvent varier les indications mentionnées actuellement sur les plaques signalétiques des transformateurs de soudure par exemple. Le tableau IV indique les valeurs mentionnées en kVA sur les plaques signalétiques de divers types de transfor-

<sup>2)</sup> La puissance nominale est déterminée par l'échauffement admissible de la machine et dépend donc de son régime. Il est ainsi possible d'indiquer différentes puissances nominales pour une même machine (cf. les prescriptions allemandes). L'indication d'une puissance sans spécifier le régime de la machine à souder n'équivaut pas à une puissance nominale; elle caractérise seulement la valeur du raccordement. Cette indication de la puissance mérite plutôt l'appellation de puissance installée.

mateurs en pour-cent de la puissance absorbée et de la puissance de soudure au secondaire maxima possibles, ainsi que de la puissance absorbée à la charge admissible en régime permanent. Les centrales ont donc tout intérêt à ce que la puissance installée des machines de soudure soit définie nettement, de sorte qu'elle puisse être contrôlée en tout temps et sans difficulté. En outre, la définition de la puissance installée des machines de soudure doit correspondre avec celle des autres

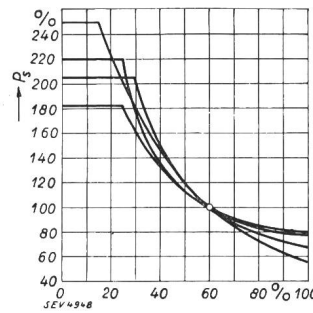


Fig. 8.

Puissance absorbée, en % de la puissance admissible en régime permanent pour une durée d'enclenchement relative de 60 %, de transformateurs de soudure de diverses provenances.

récepteurs d'énergie (moteurs, etc.). Enfin, la puissance installée devrait fournir une indication sur la puissance maximum absorbée du réseau, ce qui n'est actuellement possible que par des mesures, dans le cas des transformateurs de soudure compensés (voir tableau IV).

La puissance installée des moteurs ordinaires correspond en général à la charge maximum possible en régime permanent. Pour les machines à souder à l'arc non-automatiques qui entrent seules ici en ligne de compte, la charge permanente maxi-

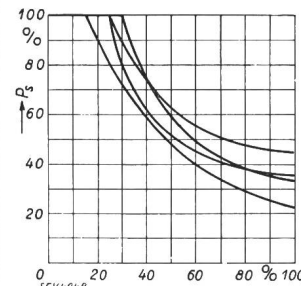


Fig. 9.

Puissance apparente absorbée, en % de la plus grande puissance absorbée possible, de transformateurs de soudure de diverses provenances.

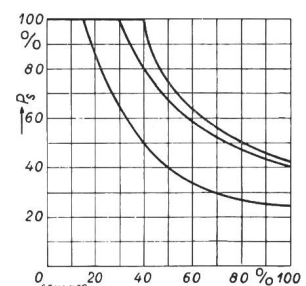


Fig. 10.

Puissance apparente absorbée, en % de la plus grande puissance absorbée possible, de groupes convertisseurs de différents types.

mum pratiquement possible s'entend pour une durée d'enclenchement relative de 50 à 60 % environ. La puissance nominale pour cette durée d'enclenchement pourrait être considérée comme puissance installée. Un simple contrôle de la puissance installée ne serait toutefois pas possible. En outre, cette indication ne donnerait aucune précision sur la charge maximum absorbée du réseau, car il n'existe aucune relation bien déterminée entre la puissance nominale pour une certaine durée d'enclenchement et la plus forte charge possible (voir figure 8).

Par contre, si la puissance installée est définie comme étant une certaine partie de la puissance de soudure absorbée pour le plus fort courant de

soudure possible, il est facile de déterminer la plus grande puissance absorbée possible, en procédant à une mesure du courant avec circuit de soudure court-circuité et calculer ainsi la puissance installée et la vérifier. Les puissances apparentes absorbées en pour-cent des plus grandes puissances absorbées possibles pour différentes durées d'enclenchement sont relevées dans les figures 9 et 10, pour des transformateurs et des groupes convertisseurs de diverses provenances et grandeurs. Ainsi, pour une durée d'enclenchement d'environ 60 %, la puissance absorbée est en moyenne d'environ le 50 % de la plus grande puissance apparente possible. La puissance installée peut donc être définie comme suit: *La puissance installée en kVA d'une machine de soudure qui détermine le prix de l'énergie est égale à 50 ou 60 % de la puissance apparente absorbée pour le plus fort courant de soudure possible.*

Dans l'intérêt des fournisseurs d'énergie, cette définition permet en outre de traiter d'une manière plus favorable les transformateurs de soudure compensés avec une puissance de condensateurs plus grande, mais par ailleurs identiques.

La figure 11 montre que, selon la définition proposée, un transformateur d'une puissance de soudure  $S$  compensé par une puissance de condensateurs  $K_1$  présente une puissance installée  $A_1$ , tandis que

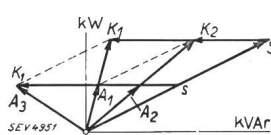


Fig. 11.  
 $S$  Puissance de soudure maximum.  
 $s$  Puissance de soudure pour une durée d'enclenchement de 60 % environ.  
 $K$  Puissance des condensateurs.  
 $A$  Puissance installée.

cette dernière est de  $A_2$  pour une puissance de condensateurs  $K_2$ . Si la puissance installée était déterminée pour une certaine durée d'enclenchement, par exemple à la puissance de soudure  $s$ , le transformateur de soudure avec le plus petit condensateur  $K_2$  ne présenterait également que la puissance raccordée  $K_1$ , tandis que le transformateur de soudure avec le plus grand condensateur  $K_1$  présenterait même la puissance installée plus grande  $A_3$ . Enfin, la puissance installée ainsi définie permet de déterminer sans difficulté le dimensionnement nécessaire de l'installation.

(Traduction M. Lacher, Genève.)

## Ueber einige neuere Konstruktionen und Entwicklungsarbeiten am Kaltkathodenstrahl-Oszillographen.

Von G. Induni, Zürich.

621.317.755

(Mitteilung aus dem Laboratorium der Firma Trüb, Täuber & Co. A.-G., Zürich.)

Wie unsere Leser wissen, kaufte der SEV im Jahre 1926 einen Dufourschen Kathodenstrahl-Oszillographen und beauftragte Herrn Dr. K. Berger als Versuchsingenieur mit der Weiterentwicklung dieses Apparates und mit Untersuchungen über die Natur der Ueberspannungen in elektrischen Anlagen; Ziel dieser Arbeiten war, die Betriebssicherheit der Hochspannungsanlagen zu erhöhen, im besonderen Mittel ausfindig zu machen, welche sie gegen Ueberspannungen atmosphärischen oder inneren Ursprungs schützen. Der vom Vorstand des SEV eingesetzte Ausschuss zur Leitung dieser Arbeiten wurde im Jahre 1930 auf breiterer Basis in die «Verwaltungskommission für den Kathodenstrahl-Oszillographen» mit dem «Arbeitskomitee», beide unter dem Vorsitz des verstorbenen Herrn Dr. K. Sulzberger, übergeführt.

Der Versuchsingenieur entwickelte den Dufourschen Oszillographen in den Werkstätten des SEV und später auch mit der Firma Trüb, Täuber & Cie. A.-G., Zürich, welche die Ausführung übernommen hat, zu einem industriell brauchbaren Apparat, mit dem im Laufe der Jahre bemerkenswerte Resultate, besonders auf dem Gebiet der Gewitterforschung, der Kurzschluss- und Erdschluss-Erscheinungen und der Prüfung von Ueberspannungsschutzapparaten erzielt wurden. Ueber alle diese Arbeiten, z. T. auch über die Weiterentwicklung des Oszillographen wurde im Bulletin des SEV laufend berichtet. Im folgenden werden nun die ersten, für den Verkauf bestimmten, fabrikmässig hergestellten Ausführungen beschrieben. — Die Redaktion.

### I. Einleitung.

Das wachsende Interesse, welches die Industrie und die Forschung dem Kaltkathodenstrahl-Oszillographen in neuerer Zeit entgegenbringen, bedingte nicht nur eine Entwicklung dieses Apparates im Sinne grösserer Leistungsfähigkeit, sondern auch in konstruktiver Richtung. Hierüber, besonders über die Entwicklung einiger wichtiger Einzelteile, wurde an dieser Stelle schon berichtet (siehe Fussnote <sup>1)</sup> auf Seite 688). Es scheint heute an-

Comme nos lecteurs le savent déjà, l'ASE fit en 1926 l'acquisition d'un oscillographe cathodique Dufour et chargea M. K. Berger, ingénieur, de développer cet appareil et d'étudier la nature des surtensions dans les installations électriques. Le but de ces travaux était d'augmenter la sécurité d'exploitation des installations à haute tension et, en particulier, de trouver des moyens pour les protéger contre les surtensions d'origine atmosphérique ou interne. Le comité nommé par l'ASE pour diriger ces travaux fut élargi en 1930 et transformé en la «commission d'administration des travaux avec l'oscillographe cathodique (KOK)», avec son «comité d'action», présidés les deux par le regretté M. K. Sulzberger.

L'ingénieur chargé des essais développa l'oscillographe Dufour dans les ateliers de l'ASE, puis plus tard en collaboration avec la maison Trüb, Täuber et Cie S. A., Zurich, qui en a repris l'exécution, pour en faire un appareil industriel pratique qui permet peu à peu d'obtenir des résultats remarquables, en particulier dans le domaine de l'électricité atmosphérique, des phénomènes de court-circuit entre phases ou à la terre, ainsi que des essais d'appareils de protection contre les surtensions. Ces travaux et aussi en partie les perfectionnements de l'appareillage ont été relatés dans le Bulletin de l'ASE. Dans l'article ci-dessous l'auteur décrit les premiers appareils de fabrication industrielle, destinés à la vente. — La rédaction.

zeigt, die interessierten Kreise einmal über die fertigen Konstruktionen und ganzen Apparate zu orientieren, weil bei diesen die speziell durch die jeweilige Problemstellung gestellten Forderungen berücksichtigt wurden. Die Lösung der gestellten Probleme konstruktiver Natur war nicht nur durch die Anpassung an den Verwendungszweck geboten, sondern auch durch die Forderung einer fabrikmässigen, preiswerten Herstellung der Apparate gegeben. Nicht zuletzt war auch die